



REC'D 24 APR 2003

WIPO

P.

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 10 038.1

Anmeldetag: 7. März 2002

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Verfahren und Anordnung zur Verbesserung der
Messqualität im Betrieb von elektro-optischen
Mischgeräten

IPC: G 01 J, G 02 B, H 04 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. März 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hiebinger

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN



Beschreibung

Verfahren und Anordnung zur Verbesserung der Messqualität im Betrieb von elektro-optischen Mischgeräten.

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Verbesserung der Messqualität im Betrieb von elektro-optischen Mischgeräten.

- 10 In vielen Anwendungen des Standes der Technik ist es vorteilhaft, eine gleichmäßige Intensitätsverteilung auf eine photo-sensitive Schicht oder auf einem Standardphotodetektor bereitzustellen, beispielsweise in einer Anordnung, bei der zwei voneinander getrennte Halbleiter gleich beleuchtet werden müssen. Dadurch, dass mit der Verwendung eines Laser-
- 15 strahls zwar eine hohe Genauigkeit im Messverfahren erreicht werden kann, treten aber auch Nachteile auf, wie z.B. die Erzeugung eines "Speckle" Musters, wodurch Informationen über das zu messende System oder einer Datenübertragung verloren gehen. Um diese Störanteile zu beseitigen werden beispielsweise Methoden angewendet, welche die Kohärenz des Laser-
- 20 strahls reduzieren und somit eine homogenere Intensitätsverteilung auf photo-sensitive Schichten ermöglicht wird.

- Der Stand der Technik zur Unterdrückung der Kohärenz eines Lichtstrahls auf einer Sendeseite ist in [1] zusammengefasst. Eine zur Unterdrückung der Kohärenz verwendete Streuung kann in der Senderoptik erfolgen, z.B. durch Verwendung einer optischen Faser mit hoher Dispersion, entsprechender Verformung
- 30 einer optischen Faser [2] oder Verwendung eines "diffractive optical elements" nach [3]. Es ergeben sich auch mehrere Möglichkeiten, die Kohärenzunterdrückung direkt an der Laserdiode ansetzen. Zur Erzeugung einer Intensitätsmodulation der Laserdiode wird zumeist der durch die Laserdiode fließende
- 35 Strom moduliert. Es besteht nun die Möglichkeit, durch gezielte Maßnahmen an der Modulationsspannung die Laserdioden nicht mehr bzw. nur mit geringer Kohärenz emittieren zu las-

sen. Die erste Möglichkeit ist dabei die Verwendung von Very Large Capacity Surface Emitting Laser Diodes (VCSEL). Werden diese mit relativ hoher Leistung betrieben, dann gehen sie in den Multimode-Betrieb über und verlieren so die Kohärenz. In den bisherigen Anwendungen der VCSEL wird diese Eigenschaft allerdings als Nachteil angesehen.

Die Verwendung von mit höchster Frequenz intensitätsmodulierbarer Laserdioden ist auch besonders in Systemen vorteilhaft, die elektro-optische Mischer (EOM) wie z.B. Metal-Semiconductor-Metal Strukturen [4] [5] [6] oder photonische Mischelemente nach [7] beinhalten, da sie in digitale Kommunikationssystemen eine deutliche Erhöhung der Datenrate ermöglichen und in Entfernungs-Meßsystemen nach [5,8] auf Grund ihrer hohen Bandbreite eine deutliche Erhöhung der Genauigkeit ermöglichen.

Leider weisen die Messungen in Verfahren welche elektro-optische Mischer wie PMD oder MSM verwenden, systematische Fehler auf, deren Ursachen nicht bekannt sind. Kommunikationssysteme, welche elektro-optische Mischer verwenden, sind digital und weisen Bitfehler auf. Auch Bei analogen Entfernungs / Geschwindigkeitsmessverfahren, welche elektro-optische Mischer verwenden, sind Messfehler nachweisbar.

Es ist zur Zeit keine Lehre bekannt, mit der Ausgangssignale mit Störungsanteilen im Betrieb eines elektro-optischen Mixers beseitigt werden können.

Es liegt der nachfolgend beschriebenen Erfindung die Erkenntnis zugrunde, dass neuartige elektro-optische Mischer unter bestimmten Umständen Störprodukte im Ausgangssignal aufweisen, welche in der Regel vom Zusammenspiel der physikalischen Eigenschaften des Halbleiters und den Beleuchtungsintensitäten mit örtlichen Unterschieden abhängig sind. Genauer ist es erkannt worden, dass ortsabhängige Variationen der Beleuchtungsintensität in elektro-optischen Mixern zu AC-

Störanteilen führen, und dass sich diese Störanteile in verschiedene Messverfahren gravierend auswirken.

5 Mögliche Ursachen dieser Effekte sind dabei Ladungsträgerinjektion der Störströme, die sich auf Grund bestimmter Schichtabfolgen im Halbleiter des elektro-optischen Mischers verstärken. Werden die elektro-optischen Mischer also mit leicht unterschiedlicher Intensitätsverteilungen beleuchtet, dann ergeben sich von der lokalen Beleuchtungssituation abhängige Störsignalanteile, die z.B. Entfernungsmessfehler verursachen. Eine Situation mit sich ändernder Beleuchtung kann z.B. in einem Entfernungsmesssystem durch die Veränderung der Distanz zwischen Messeinheit und einem Ziel entstehen, da in einem solchen Fall auf Grund unvermeidlicher Triangulationseffekte der auf den elektro-optischen Mischer einfallende Lichtfleck leicht wandert. Weitere Intensitätsschwankungen der Beleuchtung auf dem elektro-optischen Mischer können auf Grund von mechanischer Beanspruchung und Temperaturdehnung, auch in faseroptischen Systemen, auftreten. Ein weiteres Problem besteht darin, dass in der Großserienfertigung leichte Schwankungen der Toleranz auftreten.

Obwohl der Stand der Technik Methoden zur Reduzierung von Störanteilen in Verfahren angibt, bei denen beispielsweise Photodetektoren verwendet werden, ist bisher keine Vorrichtung und kein Verfahren bekannt, Störsignale aus elektro-optischen Mischvorrichtungen zu korrigieren, da die Auswirkungen von Störsignalen und deren Ursachen in elektro-optischen Mischvorrichtungen bisher nicht erkannt wurden.

30 Die Fehler, welche in einem optischen Messverfahren mit einem elektro-optischen Mischer zu beobachten sind, werden in **Figur 1** dargestellt.

35 Hervorgehend aus der Erkenntnis, dass gravierende Messfehler bei der Verwendung von elektro-optischen Mischer auf optische Schwankungen bzw. Intensitätsschwankungen beruhen, ergibt

sich die Aufgabe, ein Verfahren und / oder eine Vorrichtung anzugeben, bei dem / der verbesserte Signal u. Übertragungseigenschaften in elektro-optischen Meßsystemen erreicht werden, insbesondere auch für Meßsysteme welche Laserstrahlen und elektro-optischer Mischer einsetzen.

Die Lösung ergibt sich aus den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

10

Die Lösung besteht darin, dass die Kohärenz eines im Messverfahren verwendeten Lichtstrahls vor Einfall auf einen elektro-optischen Mischer unterdrückt wird. Zusätzlich wird auch eine Unterdrückung von Intensitätsschwankungen, die nicht auf Kohärenz beruhen, gewährleistet.

15

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass sie im Gegensatz zum Stand der Technik wo in den meisten bisherigen technischen Anwendungen mit elektro-optischen Mischern eine möglichst große Kohärenz bzw. Kohärenzlänge Kohärenzreduzierung angestrebt wird, eine Kohärenzunterdrückung erreicht.

20

Beim Verfahren zur Reduzierung von Störsignalen in einem elektro-optischen Messvorgang wird die Kohärenz des Lichtstrahls vor Einfall auf eine Lichtempfangseinheit mittels einer kohärenzreduzierenden Einheit reduziert.

25

Unter Lichtempfangseinheit wird eine Einheit verstanden, welche mindestens einen elektro-optischen Mischer aufweist. Sie kann durch Empfangsoptik wie streuende Elemente "DOE-Diffractive Optical Elements", Linsen oder Aperturen ausgebaut werden. Ein elektro-optischer Mischer wird in der Regel auch aus mischenden Halbleiterelementen bestehen. In anderen Worten sind auch solche elektro-optische Mischer einsetzbar, welche auf Halbleiterbasis gefertigt werden. Speziell wird auch die Verwendung von PMDs (Photo-electronic Mixing Devi-

30

35

ce), MSM (Metal-Semiconductor-Metal) Strukturen und / oder eine MSM-PMD-Kombination bevorzugt.

5 Zur kohärenzreduzierende Einheiten gehören sowohl Streueinheiten als auch Einheiten, welche eine Modulation einer Lichtwelle ausführen bzw. die Moden einer Lichtwelle verändern.

10 Die Erfindung ist in einem Verfahren verwendbar, bei dem als Lichtwelle- oder strahl ein Laserstrahl verwendet wird.

15 Die Erfindung umfasst mehrere Streueinheiten die verwendet werden können, wie z.B. eine optische Faser, welche vorzugsweise in oder unmittelbar außerhalb einer optischen Sendeeinheit im Strahlgang des Lichtstrahls eingesetzt wird. Die optische Faser kann dabei direkt mit einer Laserquelle in Verbindung stehen. Weitere Beispiele von Streueinheiten sind eine raue Schicht, oder eine Streuscheibe welche insbesondere in oder unmittelbar außerhalb einer Lichtempfangseinheit eingesetzt werden. Es ist grundsätzlich vorteilhaft, wenn das streuende Element möglichst dicht vor der Lichtempfangseinheit montiert ist, da dadurch der Verlust an Lichtleistung verringert wird.

30 Die raue Schicht wird optimal auf eine lichtempfindlichen Schicht, insbesondere auf einem elektro-optischen Mischer, aufgebracht. In einer weiteren Ausbildung der Erfindung weist die raue Schicht streuende Partikel und / oder eine raue Oberfläche auf. Die streuenden Partikel können dabei in eine Streueinheit eingearbeitet sein oder wie Pulver auf eine lichtempfindliche Schicht aufgebracht werden.

35 Die Streuscheibe wird optimal in oder unmittelbar außerhalb der Lichtempfangseinheit im Strahlgang eines Lichtstrahls oder des Lasers eingesetzt.

Die erfindungsgemäße elektro-optische Mischvorrichtung umfasst jeweils mindestens eine Lichtquelle, eine Lichtempfangseinheit und eine kohärenzreduzierende Einheit welche die Kohärenz eines Lichtstrahls reduziert. Die kohärenzreduzierende Einheit unterdrückt somit die Kohärenz des Lichtstrahls vor Einfall auf eine elektro-optischen Mischvorrichtung.

Die oben genannte elektro-optische Mischvorrichtung wird dadurch erweitert, dass die Lichtempfangseinheit ein Gehäuse mit einer bereits genannten Streueinheit und einer lichtempfindlichen Schicht, insbesondere einen elektro-optischen Mischer, aufweist.

Die Erfindung ermöglicht eine weitere Kohärenzunterdrückung durch eine aufmodulierte Strompulsmodulation oder Anregung mehrerer Moden innerhalb einer Laserdiode (VCSEL), welche alleine oder in Kombination mit den oben genannten Vorrichtung und Verfahren angewendet werden. Hierfür wird eine entsprechende Modulationsvorrichtung bereitgestellt, welche die elektromagnetischen Eigenschaften eines Lichtstrahls in einem Mess- oder Datenübertragungsverfahren beeinflusst.

Die Erfindung wird von anhand von Zeichnungen und Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigt

25

Figur 2 eine Grafik zur Darstellung der Verringerung der Messfehler bei einer Entfernungsmessung mit einer der nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung

30

Figur 3 ein schematisches Diagramm der Erfindung

Figur 4 ein Schema zur Kohärenzreduzierung auf der Empfängerseite mit einem EOM

35

Figur 5 ein erstes Vorrichtungsbeispiel welches eine Kohärenzreduzierung auf der Empfängerseite ermöglicht

Figur 6 eine zweites Vorrichtungsbeispiel welches eine Kohärenzreduzierung auf der Empfängerseite ermöglicht.

5

In **Figur 2** ist der Effekt erkennbar, welcher durch den Einsatz einer nach der Erfindung konzipierten Vorrichtung erzeugt wird. Im Vergleich zu einem System, in dem keine Kohärenzreduzierung vor Einfall auf einen elektro-optischen Mischer aufgeführt wird [9], ist die Standardabweichung mit systematischen Fehlern bei einer Entfernungsmessung um nahezu 2/3 weniger.

10

In **Figur 3** wird eine Anordnung schematisch gezeigt, welche die oben genannte Reduzierung ermöglicht. Eine Lichtquelle (1), z.B. ein Laser, beleuchtet ein zu messendes Objekt (4) mit einer Strahlung L_a , welche zunächst vom Objekt (4) an eine Lichtempfangseinheit (2) reflektiert und / oder teilweise gestreut wird. Vor Einfall der Strahlung in die Lichtempfangseinheit (2) wird die Strahlung nochmals von einer kohärenzreduzierenden Einheit (3) gestreut.

20

Die kohärenzreduzierende Einheit (3) kann dabei als eine Streueinheit ausgebildet sein, oder als eine Modulationseinheit, welche Lichtwellen moduliert oder Moden einer Lichtstrahls verändert. Eine Kombination beider Einheiten ist denkbar, wobei vorzugsweise die Modulationseinheit senderseitig vor dem Objekt (4) eingesetzt wird.

30 **Figur 4** zeigt eine kohärenzreduzierende Streuscheibe (3') welche zwischen einer Lichtempfangseinheit (2') und einer Linse (5) in den Strahlengang des einfallenden Lichts L_b angeordnet ist.

35

In **Figur 5** wird eine besonders kostengünstige und zudem verlustarme Ausführungsform der Erfindung gezeigt, bei der das streuende Element (3''), beispielsweise eine Streuscheibe

Teil eines Gehäuses und Trägers (7) eines elektro-optischen Mischers (6) ist.

Bei parallelen Anordnungen eines elektro-optischen Mischers auf einem Chip muss die getrennte Beleuchtung der einzelnen Elemente trotz der gewünschten Streuung möglich sein. Etwaige "Querbeleuchtung" würde die Schärfe des in jedem elektro-optischen Mischer aufgenommenen Bildes drastisch reduzieren. In diesem Falle wird die in **Figur 6** gezeigte Variante bevorzugt. Im Falle von transparent in dem Gehäuse vergossenen Elementen kann die Oberfläche (8) rau gestaltet werden. Es kann direkt auf dem elektro-optischen Mischer, bzw. auf einem photoempfindlichen Chip (6) eine streuende Beschichtung aufgebracht (8) werden, entweder mit rauer Oberfläche oder internen streuenden Partikeln. In dieser Anordnung ist die scharfe Abgrenzung der Beleuchtung einzelner Pixel gewährleistet, und zudem dürfte die Beschichtung kostengünstig im Herstellungsprozess der elektro-optischen Mischer zu integrieren sein.

20

Bei Verwendung eines elektro-optischen Mischers mit breitem Öffnungswinkel (Volumenillumination) ist es besonders vorteilhaft, das streuende Element in den optischen Sender (Laserquelle) einzubauen, da dies unter Umständen die Einhaltung der Grenzwerte für die der Augensicherheit bei Laserquellen erleichtert (ausgedehnte Quelle).

25

Grundsätzlich hängt die Wellenlänge eines Lasers und somit das sich ausbildende Interferenzmuster von dem Betriebsstrom und der Temperatur des Laser ab. Dies kann man nun dadurch ausnutzen, dass man dem Modulationsstrom einen deutlich höherfrequenten Anteil überlagert. Dieser sorgt dann für kleine Schwankungen der Laserwellenlänge innerhalb einer Modulationsperiode des eigentlichen Signals. Dadurch verändert sich das Interferenzmuster zeitlich, und die innerhalb einer Modulationsperiode entstehenden Störsignale werden verschmiert,

30

35

da sie dann viel langsamer als die zeitliche Änderung des Interferenzmusters sind.

5 Weitere Möglichkeiten zur Unterdrückung der Kohärenz eines in der Erfindung verwendeten Laserstrahls sind die Anregung mehrerer Moden im Laser mittels Überlagerung verschiedener reflektierter Lichtanteile des Laserlichtes im Laser selbst sowie die Anregung mehrerer Moden durch Temperaturmodulation oder Montage des Laserchips unter Spannung (dies führt zu lokal unterschiedlichen Wellenlängen im Laserchip), oder die
10 Verwendung mehrerer Laserdioden in einem Array, insbesondere in den bekannten Anordnungen zur möglichst gleichmäßigen Illumination nach [10].

15 Ein nach den oben genannten Methoden bereitgestellter Laserstrahl würde zur Verringerung der Beleuchtungsschwankungen auf einem elektro-optischen Mischer beitragen.

20 Die Erfindung kann beispielsweise in 3-D Messverfahren, digitale Kommunikationsverfahren und optische Erkennungsverfahren eingesetzt werden.

Im Rahmen diese Dokuments werden folgende Veröffentlichungen zitiert:

- 5 [1] Iwai, T. and T. Asakura, *Speckle reduction in coherent information processing*. Proceedings of the IEEE, 1996. **84**(5): p. 765-781.
- [2] Kolobov, M.I., *Quantum noise reduction in optical imaging of the spatial coherence of the source*. Physical Review A, 1995. **51**(2): p. 1656 - 1661.
- 10 [3] Wang, L., et al., *Speckle reduction in laser projection systems by diffractive optical elements*. Applied Optics, 1998. **37**(10): p. 1770-1775.
- [4] Shen, P.H., et al. *Interdigitated finger semiconductor photodetector*. in *SPIE Aerosense, 24-28 April 2000*. 2000: SPIE.
- 15 [5] Schwarte, R. *Dynamic 3D-Vision*. in *IEEE Int. Symposium on ElectronDevices for Microwave and Opto-electronic Applications*. 2001. Vienna, Austria: IEEE.
- [6] Lam, D.K.W. and R.I. MacDonald, *GaAs optoelectronic mixer operation at 4.5 GHz*. IEEE Transactions on Electron Devices, 1984. **31**(12): p. 1766-1768.
- 20 [7] Schwarte, R., *Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung der Phasen- und /oder Amplitudeninformation einer elektromagnetischen Welle*, in *DE 197 04 496 A 1*. 1997, R. Schwarte: Germany. p. 26.
- 25 [8] Gulden, P.G., M. Vossiek, and P. Heide, *Verfahren und Anordnung zum Betrieb eines Photoelectric Mixing Devices (PMD)*. 2000, Siemens AG: Munich. p. 16.
- [9] Gulden, P.G., et al. *Application of the Photoelectric Mixing Device to Optical Measurement of Presence, Distance and Velocity*. in *EuMW*. 2000. Paris: EuMW.
- 30 [10] Lohmann, A.W. and S.O. Sinzinger. *Spatial Noise Reduction in Array Illuminators*. in *Optical Computing*. 1991. Salt Lake City, Utah.
- 35

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduzierung von Störsignalen in einem elektro-optischen Messvorgang, bei dem die Kohärenz eines Lichtstrahls vor Einfall auf eine Lichtempfangseinheit (2) welche einen elektro-optischen Mischer (6) aufweist, reduziert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem als Lichtstrahl ein Laserstrahl verwendet wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem zur Kohärenzreduzierung eine Streueinheit (3) eingesetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem als Streueinheit (3) eine optische Faser eingesetzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem als Streueinheit (3) eine raue Schicht (8) welche auf auf dem elektro-optischen Mischer (6) aufgebracht ist, verwendet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem als Streueinheit (3) eine Streuscheibe eingesetzt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem eine Strompulsmodulation oder Anregung mehrerer Moden eines Laserstrahls, insbesondere innerhalb einer Laserdiode, ausgeführt wird.
8. Elektro-optische Mischvorrichtung mit jeweils mindestens einer Lichtquelle (1) und einer Lichtempfangseinheit (2), bei der eine Kohärenzunterdrückung eines Laserstrahls vor Einfall auf eine Lichtempfangseinheit (2), insbesondere einen elektro-optischen Mischers (6), mittels einer kohärenzreduzierenden Einheit erreicht wird.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, bei der die kohärenzreduzierende Einheit eine Streueinheit (3) ist.

5 10. Vorrichtung nach Anspruch 9, bei der die Streueinheit (3) eine optische Faser ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 9, bei der die Streueinheit (3) eine Streuscheibe ist.

10 12. Vorrichtung nach Anspruch 9, bei der als Streueinheit (3) eine raue Schicht (8) auf eine Lichtempfangseinheit (2), insbesondere einen elektro-optischen Mischer (6), aufgebracht ist.

15 13. Vorrichtung nach Anspruch 12, bei der die raue Schicht (8) streuende Partikel und / oder eine raue Oberfläche aufweist.

20 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 13, bei der ein Gehäuse (7) die Lichtempfangseinheit (2) bildet, welches insbesondere den elektro-optischen Mischer (6) und die Streueinheit (3'') umfasst.

25 15. Vorrichtung nach Anspruch 8, bei der die kohärenzreduzierende Einheit eine Lichtwellen-Modulationseinheit ist.

Zusammenfassung

Verfahren und Anordnung zur Verbesserung der Messqualität im Betrieb von elektro-optischen Mischgeräten.

5

Die Erfindung zeigt Anordnungen und Verfahren zur Verbesserung der Signal u. Übertragungseigenschaften von Laser/elektro-optischer-Mischer (EOM) Mess- und Datenübertragungsstecken. Die angestrebte Unterdrückung der kohärenten

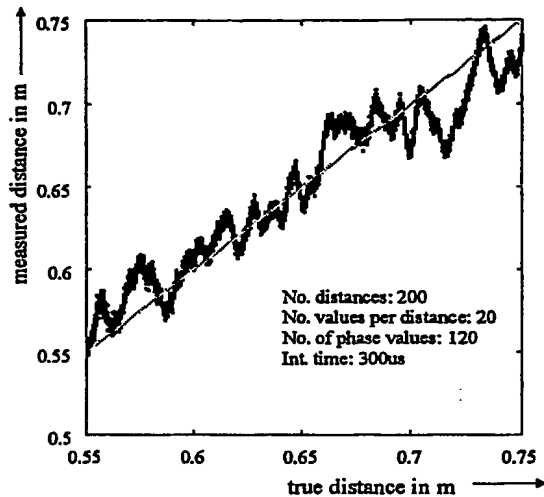
10 Eigenschaften des Laserlichtes ist dabei neu, in den meisten technischen Anwendungen wurde bisher eine möglichst große Kohärenz bzw. Kohärenzlänge angestrebt. Die Erfindung weist folgende Merkmale auf: Unterdrückung von Kohärenz und Intensitätsschwankungen im Strahlgang Laser-EOM mittels optischer

15 Methoden und Unterdrückung der Kohärenz in der Ausgangsstrahlung der Laserquelle, z.B. durch eine aufmodulierte Strompulsmodulation oder Anregung mehrerer Moden innerhalb einer Laserdiode (VCSEL).

20 Figur 3

Fig. 1

a) gemessene Entfernung



b) systematischer Entfernungsfehler

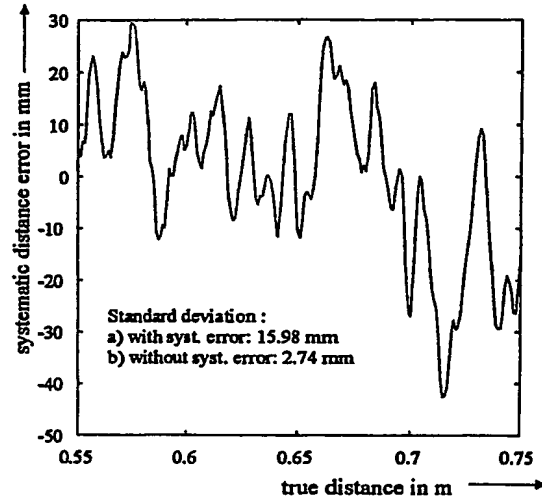
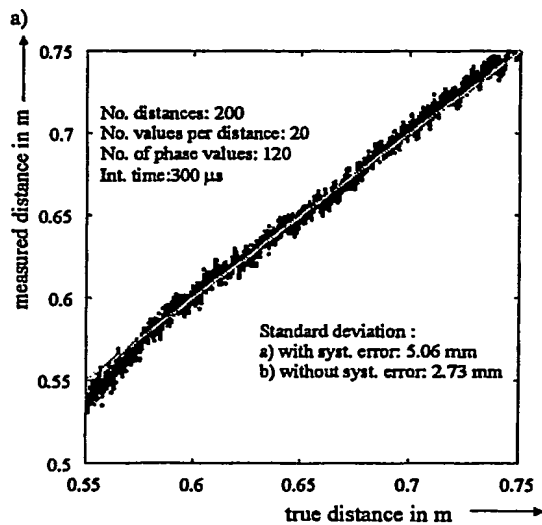


Fig. 2

a) gemessene Entfernung



b) systematischer Entfernungsfehler

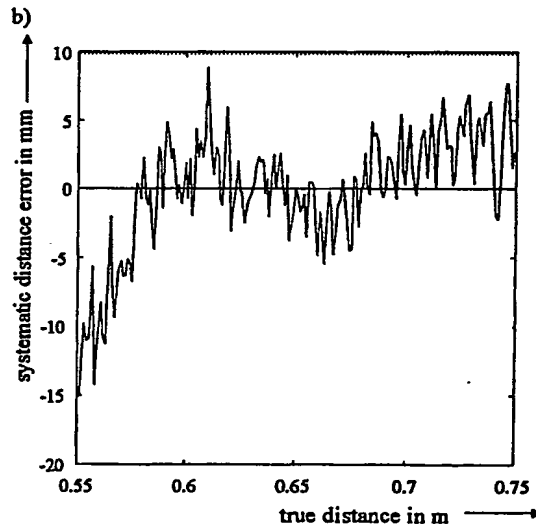


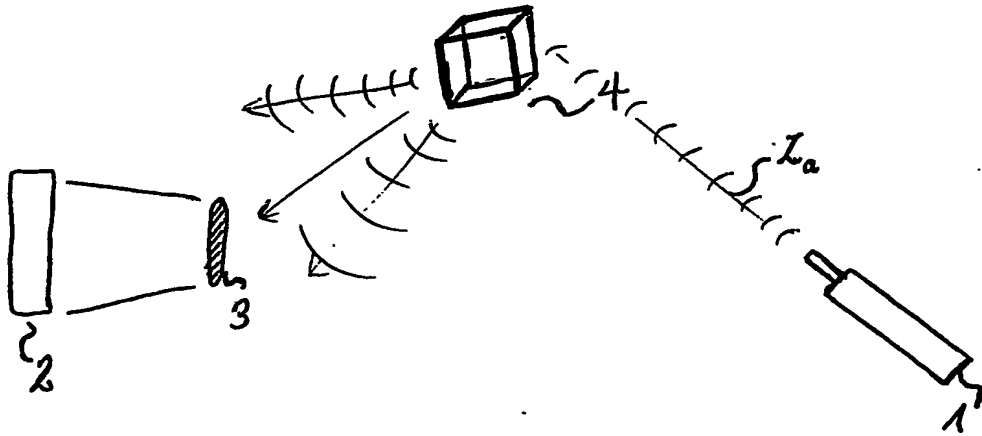
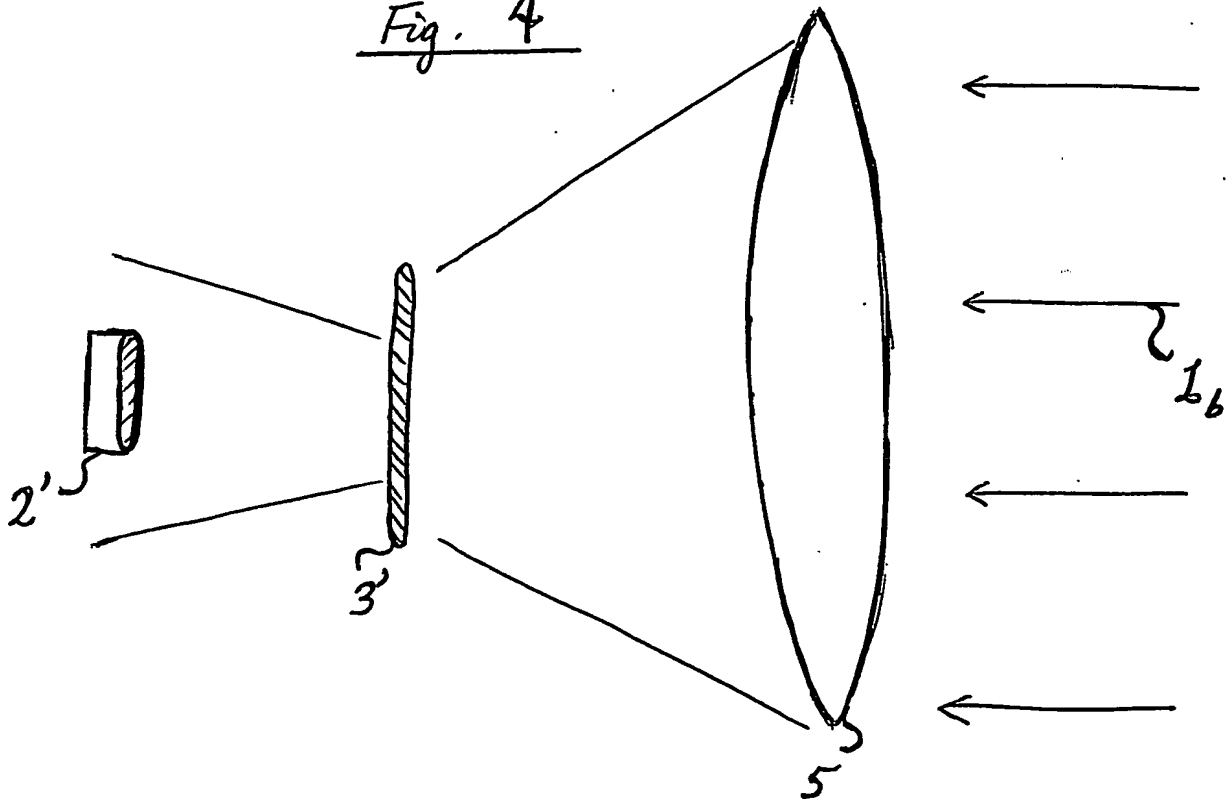
Fig. 3Fig. 4

Fig. 5

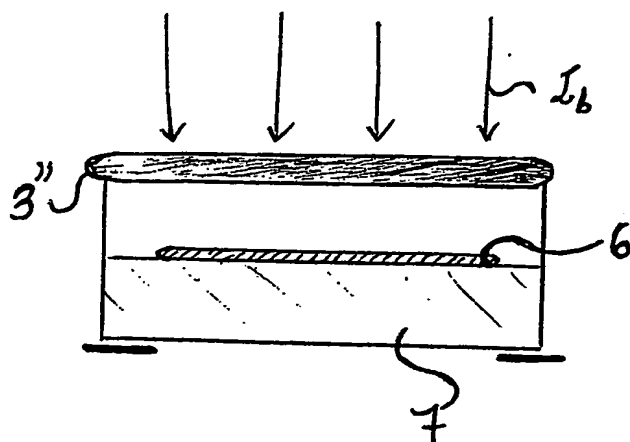


Fig. 6

